

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-261478

(43)Date of publication of application : 24.09.1999

(51)Int.Cl. H04B 7/26

(21)Application number : 10-367765

(71)Applicant : SUMITOMO ELECTRIC IND LTD

(22)Date of filing : 24.12.1998

(72)Inventor : KAMEMURA AKIHIRO

ARAKI TADASHI

HIRAKATA NOBUYUKI

(30)Priority

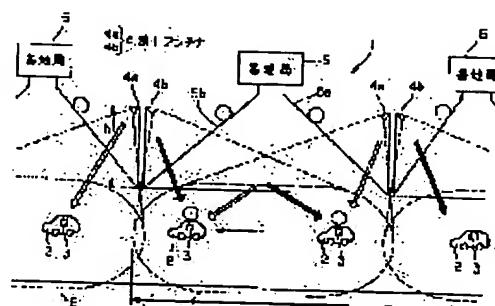
Priority number : 09358581 Priority date : 25.12.1997 Priority country : JP

(54) COMMUNICATION SYSTEM BETWEEN ROAD AND VEHICLE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide road traffic data without leakage and interruption of inter road and vehicle communication in the same cell by emitting radio waves to a vehicle in plural directions.

SOLUTION: Plural cells E are continuously formed along a road. First and second on-road antennas 4a, 4b that have directivity in the cells E are placed around a border of each cell E along the road and emit radio waves with a same frequency. In the case that a vehicle 2 passes in the cells E, the vehicle 2 receives the radio waves from its front and rear sides. Since adjacent base stations 6 give signals with same frequency and data contents that are OFDM- modulated to each of road antennas 4a, 4b through optical fibers 5a, 5b, radiated radio waves from the antennas 4a, 4b include same data. Furthermore, an on- vehicle device 3 acquires the vehicle data from the antennas 4a, 4b. Thus, when the vehicle transits to an adjacent cell, it is not required to change a vehicle oscillator frequency and then the need for an expensive high



speed locking oscillator is eliminated from the on-vehicle device 3.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 02.08.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3008946

[Date of registration] 03.12.1999

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-261478

(43)公開日 平成11年(1999)9月24日

(51)Int.Cl.⁶

H 04 B 7/26

識別記号

F I

H 04 B 7/26

B

H

審査請求 未請求 請求項の数8 O L (全12頁)

(21)出願番号 特願平10-367765

(22)出願日 平成10年(1998)12月24日

(31)優先権主張番号 特願平9-358581

(32)優先日 平9(1997)12月25日

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(72)発明者 亀村 昭寛

大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電
気工業株式会社大阪製作所内

(72)発明者 荒木 正

大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電
気工業株式会社大阪製作所内

(72)発明者 平方 宣行

大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電
気工業株式会社大阪製作所内

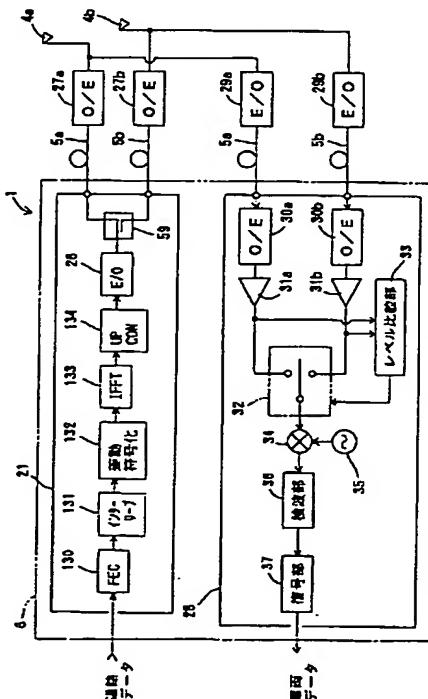
(74)代理人 弁理士 亀井 弘勝 (外1名)

(54)【発明の名称】 路車間通信システム

(57)【要約】

【課題】搬送波間干渉や符号間干渉を防止でき、路上と車両との安定な通信を可能にする路車間通信システムを提供する。

【解決手段】同一内容の信号をOFDM変調して複数の光ファイバ5a, 5bに送出するための信号送出装置21と、道路に沿って異なる位置に配置され、固有の指向性を有し、前記光ファイバ5a, 5bに送出された信号をそれぞれ受信し、この受信された信号に基づき、電波を同一セル内にそれぞれ放射するための複数の路上送信アンテナ4a, 4bと、前記路上送信アンテナ4a, 4bから放射されてくる電波を受信するための車載受信アンテナ、およびこの車載受信アンテナにより受信し復調を行う受信手段を有する車載装置とを含む。
10



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】直交周波数分割多重(O F D M ; Orthogonal Frequency Division Multiplex)変調された同一内容の信号を複数の伝送線に送出するための信号送出装置と、

道路に沿って異なる位置に配置され、固有の指向性を有し、前記信号送出装置から前記伝送線に送出された信号をそれぞれ受信し、この受信された信号に基づき、電波を同一セル内にそれぞれ放射するための複数の路上送信アンテナと、

前記路上送信アンテナから放射されてくる電波を受信するための車載受信アンテナ、およびこの車載受信アンテナにより受信し復調を行う受信手段を有する車載装置とを含むことを特徴とする路車間通信システム。

【請求項2】前記伝送線に信号を送出する際の伝送方式は、光ファイバ無線伝送方式であることを特徴とする請求項1記載の路車間通信システム。

【請求項3】データのO F D M変調方式としてシンボルごとにガード時間を設けたO F D M方式を採用することを特徴とする請求項1又は請求項2記載の路車間通信システム。

【請求項4】前記車載装置は、車両データによりO F D M変調された電波を放射するための車載送信アンテナをさらに有し、

道路に沿って異なる位置に配置され、固有の指向性を有し、前記車載送信アンテナから放射されてくる電波を受信し、この受信された電波に対応する信号を所定の伝送線にそれぞれ送出するための複数の路上受信アンテナと、

この複数の路上受信アンテナから前記伝送線に送出された信号に基づいて復調を行う路上受信手段とをさらに含むことを特徴とする請求項1記載の路車間通信システム。

【請求項5】前記伝送線に信号を送出する際の伝送方式は、光ファイバ無線伝送方式であることを特徴とする請求項4記載の路車間通信システム。

【請求項6】車載装置におけるデータのO F D M変調方式としてシンボルごとにガード時間を設けたO F D M方式を採用することを特徴とする請求項4又は請求項5記載の路車間通信システム。

【請求項7】前記複数の路上送信アンテナは、1つのセルを分割した複数のサブエリアをそれぞれ形成するものであることを特徴とする請求項1ないし請求項6のいずれかに記載の路車間通信システム。

【請求項8】複数の連続したセルにわたって、同一周波数、同一内容の信号により通信を行うことを特徴とする請求項1ないし請求項7のいずれかに記載の路車間通信システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

2

【発明の属する技術分野】本発明は、複数の路上アンテナを道路に沿って配置し、道路に一連のセルを形成することにより車載装置との移動通信を可能にするマイクロセル路車間通信システムに関する。特に、本発明は、データの変調方式として直交周波数分割多重(O F D M)方式を採用する路車間通信システムに関するものである。

【0002】

【従来の技術】道路管理者と車両との間の通信需要は、

10 今後ますます増加する方向にある。特に高速道路において、車両の運転者に負担をかけずに、かつ、互いに事故を起こさないような道路走行を実現しようとすれば、道路側の情報と車両側の情報を頻繁にやり取りする必要がある。このようなシステムを発展させていくと、道路と車両との両方に各種センサやカメラを網羅し、道路側と車両側とで緊密に連絡しあって運転する自動運転システムにつながっていく(たとえば、特願平7-43260号参照)。

【0003】自動運転への将来的拡張を考慮し、車両に対する運転支援システム(以下「路車間通信システム」という)を構築するにあたっては、道路上に連続したセルを設ける必要がある。そこで、道路に沿って漏洩同軸ケーブルを敷設することが考えられるが、敷設工事が大掛かりになる上、漏洩同軸ケーブルを地面から比較的低い位置に設置する必要があるので、車線横断方向に電波の届く距離が短いという欠点がある。

【0004】これに対して、図12に示すように、路上アンテナ120を所定間隔で道路の各所に設置して通信を行うようにすれば、1つの路上アンテナ120で比較的大いセル121を確保することができる。この場合、路上アンテナ120は、光ファイバなどを介して道路管理者側の基地局にそれぞれ結合されていることは言うまでもない。

【0005】路上アンテナ120を設置した場合、大型車が小型車に接近すると、小型車から路上アンテナ120を見通せなくなることがある。図13は、バスにより形成された電波遮蔽エリア122に小型車が入って通信が困難になった状態を示す図である。特に、周波数の高いマイクロ波やミリ波は回折角が小さく、遮蔽されやすい。このため、路車間において通信が途絶えてしまって通信ができなくなる。

【0006】そこで、路上と車両との連続的な通信を可能にするため、固有の指向性を有する路上送信アンテナを、道路に沿って配置し、各路上送信アンテナから同一内容の電波を同一セル内に放射する、複数送信の提案が行なわれている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかし、路上アンテナを設置すれば、道路の付近の構造物が反射体になったり、複数の車両がセル内に存在することにより、マルチ

50

3

パス遅延波が発生して、搬送波間干渉や符号間干渉が起ころのが通常である。符号間干渉が生じると、受信電波の受信レベルが大きくて、ピット誤り率が改善されずに、いわゆるフロア誤りが生じることになる。

【0008】特に複局送信の場合、同一セル内に同じような送信電力で複数の電波が放射されるので、前記の搬送波間干渉や符号間干渉が強く現れ、その影響を取り除くことは、システム構築の上で必須となる。一般に、シングルキャリア(单一搬送波)を用いた移動体通信方式では、マルチバス遅延波による符号間干渉の影響を避けるため、伝送線路と逆特性を持つ等化器を受信機に備えることが行われている。

【0009】しかし、自動車はセル内で高速移動するため、受信電界の時間当たりの変動が大きくて等化器の計算速度が追いつかず、ある一定の伝送誤り率以下で信号伝送を行うことはできない。また、等化器を実現するためのハードウェアの規模が大きくなり、消費電力も大きくなる。また、高速移動を前提とした路車間通信においては、セルごとに異なった周波数の電波を用いて通信を行うが、車両の走行に伴って短時間に複数のセルを通過するため、車載通信機の送受信周波数を高速に切り換える必要がある。このため、高速引き込み可能な発振器を備える、あるいは複数の発振器を備えるなどの対策が必要になり、機器の小型化、低コスト化の妨げとなる。

【0010】そこで、本発明の目的は、上述の技術的課題を解決し、搬送波間干渉や符号間干渉を防止でき、路上と車両との安定な通信を可能にする路車間通信システムを提供することである。

【0011】

【課題を解決するための手段および発明の効果】前記目的を達成するための請求項1記載の路車間通信システムは、OFDM変調された同一内容の信号を複数の伝送線に送出するための信号送出装置と、道路に沿って異なる位置に配置され、固有の指向性を有し、前記信号送出装置から前記伝送線に送出された信号をそれぞれ受信し、この受信された信号に基づき、電波を同一セル内にそれぞれ放射するための複数の路上送信アンテナと、前記路上送信アンテナから放射されてくる電波を受信するための車載受信アンテナ、およびこの車載受信アンテナにより受信し復調を行う受信手段を有する車載装置とを含むものである。

【0012】本発明では、複数の路上送信アンテナから同一内容のデータによりOFDM変調された信号に基づいて電波が放射される。この場合、各路上送信アンテナは固有の指向性(無指向性も含む)を有するから、各路上送信アンテナから放射される電波は、道路を走行する車両に対して異なる方向から到来する。したがって、車両の一方からの電波が大型車によって遮蔽されても、車載装置では、車両の他方からの電波の受信レベルが大きくなる。したがって、路上送信アンテナと車載装置との

4

通信は可能になる。

【0013】また、道路を走行する車両に対して異なる方向から到来する電波を受信するので、マルチバスが発生しやすい環境にあるが、本発明ではマルチバスに強いOFDM方式を好適に採用する。前記伝送線に信号を送出する際の伝送方式は、光ファイバ無線伝送方式であつてもよい(請求項2)。

【0014】本発明によれば、信号送出装置からは高周波レベルの信号が光ファイバを通して路上送信アンテナに給電されるから、路上送信アンテナごとに信号送出装置を設ける必要はない。そのため、路上送信アンテナの構成を簡素化できる。前記車載装置は、車両データによりOFDM変調された電波を放射するための車載送信アンテナをさらに有し、道路に沿って異なる位置に配置され、固有の指向性を有し、前記車載送信アンテナから放射されてくる電波を受信し、この受信された電波に対応する信号を所定の伝送線にそれぞれ送出するための複数の路上受信アンテナと、この複数の路上受信アンテナから前記伝送線に送出された信号に基づいて復調を行う路上受信手段とをさらに含むものであつてもよい(請求項4)。

【0015】本発明では、車両側から路上側に対して車両データが提供される。この場合、車載装置では、車載送信アンテナから電波が放射され、各路上受信アンテナにおける受信レベルは、マルチバスの影響を受けて、指向性に依存する。したがって、いわゆる複局で受信することにより、路上側において電波を確実に受信することができ、車両データを誤りなく復元することができる。

【0016】前記伝送線に信号を送出する際の伝送方式は、光ファイバ無線伝送方式であつてもよい(請求項5)。本発明によれば、路上受信アンテナにおいて受信された受信号を高周波のまま伝送線に送出できるから、信号選択装置において各受信信号の受信レベルを高周波レベルのまま容易に比較できる。そのため、路上受信アンテナおよび信号選択装置の構成を簡素化できる。

【0017】また、データのOFDM変調方式としてシンボルごとにガード時間を設けた直交周波数分割多重(OFDM)方式を採用することができる(請求項3、請求項6)。一般に、車両に対して複数の方向から電波が到来する場合、いわゆるマルチバス妨害が生じるおそれがある。具体的には、車両の位置によって、路上送信アンテナからの距離に差が生じるために、各路上送信アンテナから放射される電波の伝搬遅延時間差が発生し、符号間干渉が生じる。

【0018】しかし、本発明においてはシンボルごとにガード時間を設けて、干渉する符号が重ならないようにすることができるから、マルチバスによる遅延に起因する符号間干渉を回避できる。なお、複数の路上送信アンテナから同一セルに送信を行なう場合、局間での搬送周波数の微妙な差異が生ずるおそれがあるが、OFDM

は、搬送周波数の差異による伝送品質の劣化が他の伝送方式に比べて劣ることが知られている。この問題に対しては、前記請求項2又は請求項5記載の光ファイバ無線伝送方式が極めて有効かつ経済的な解決法であり、これにより各局の搬送波周波数を完全に一致させることができる。

【0019】請求項7記載の路車間通信システムは、前記複数の路上送信アンテナは、1つのセルを分割した複数のサブエリアをそれぞれ形成するものであることを特徴とする。本発明によれば、同一内容の道路交通データによりOFDM変調された電波がそれぞれ個別のサブエリアに放射されるから、サブエリアが変わるたびに、電波の到来方向が変わる。したがって、あるサブエリアにおいて電波が遮蔽されていても、次のサブエリアに達すれば、電波を受信できる。そのため、同一セル内において車両側と路上側との通信が途絶えることはなく、連続的な通信が可能になる。

【0020】また、各路上送信アンテナのサブエリアは、1つのセルを分割したものだから、路上送信アンテナの送信電力は小さくて済む。そのため、路上送信アンテナにかかるコストを低減できる。請求項8記載の路車間通信システムによれば、複数の連続したセルにわたって同一周波数、同一内容により通信を行う。

【0021】例えば、路上送信アンテナから車載アンテナへの下り回線信号は、車両が隣のセルに移動した場合でも同一内容、同一搬送周波数であるため、車載通信機の発振器を切り換える必要がない。このような構成は、マルチバスに強いという一般的の通信方式にはないOFDMを採用することにより初めて可能になる。

【0022】

【発明の実施の形態】以下では、本発明の実施の形態を、添付図面を参照して詳細に説明する。

－第1実施形態－

図1は、本発明の第1実施形態に係る路車間通信システムの構成を示す概念図である。この路車間通信システムは、地上局1と車両2に搭載されている車載装置3との間で通信を行うためのものである。

【0023】地上局1では、道路に沿って複数のセルEが連続的に形成される。各セルEの道路の長手方向に関する境界付近には、それぞれセルE内に向く指向性を有する第1路上アンテナ4aおよび第2路上アンテナ4bが設置されている。第1路上アンテナ4aおよび第2路上アンテナ4bからは、同一周波数（たとえば6GHz）帯の電波がセルE内に放射されるようになっている。具体的には、第1路上アンテナ4aからは白抜き矢印で示す方向に向けて電波が放射され、第2路上アンテナ4bからは黒塗り矢印で示す方向に向けて電波が放射される。したがって、セルE内の各点では、道路の長手方向に関して前後方向から同一周波数の電波が到来することになる。そのため、車両2がセルE内を通過する際に

は、車両2の前後方向から電波を受信することになる。

【0024】なお、路上アンテナ4の地上からの高さhは、たとえば10(m)であり、セルEの道路の長手方向に関する長さrは、たとえば100(m)である。各路上アンテナ4a、4bは、それぞれ光ファイバ5a、5bを介して1つの基地局6に接続されている。各光ファイバ5a、5bは、それぞれ、上り／下り用の2本の光ファイバから構成される。これにより、同軸ケーブルなどを伝送線として用いる場合に比べて、信号の減衰を低く抑えることができ、通信品質の劣化を防止できる。

【0025】基地局6は、前方道路形状情報などの運転支援情報を含む道路交通データをOFDM変調した信号を光ファイバ5a、5bを介して各路上アンテナ4a、4bに与える。これにより、各路上アンテナ4a、4bから放射される電波には、同一の道路交通データが含まれることになる。また、車載装置3から受け取った車両データ（車両ID、および各種センサ（図示せず）において検出された路面状態に関するデータを含む）を各路上アンテナ4a、4bから取得し、適切な処理を施す。

【0026】また、基地局6から放射されるOFDM変調された電波の搬送周波数は、隣接する基地局6間で同一であり、通信されるデータの内容も同一である。このように同一周波数の搬送波を用いて同一内容の信号を伝送することにより、車両が隣接するセルに移行するに際し、車載発振器の周波数を変更する必要がないため、車載装置に、高価な高速引き込み可能な発振器を備える必要がなく、あるいは複数の発振器を備える必要がなくなり、機器の低コスト化、小型化が可能となる。

【0027】図2は、車載装置3の構成を示す概念図である。車載装置3は、車載通信部11と車載アンテナ部12とを有している。車載通信部11は、車両データを含む電波を車載アンテナ部12から放射する。また、車載通信部11は、車載アンテナ部12において受信された各路上アンテナ4a、4bからの放射電波に含まれる道路交通データを取得し、この取得された道路交通データをたとえばドライバに報知する。

【0028】図3は、地上局1の電気的構成を示すブロック図である。基地局6は、道路交通データを路上アンテナ4に与えるための送信装置21を備えている。送信装置21は、データを分割し、互いに直交する複数の搬送波を使って多重するOFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplex)変調方式を採用している。送信装置21は、誤り訂正符号化回路(Forward Error Correction Encoder)130と、インターリーブ回路131と、差動符号化回路132と、逆フーリエ変換回路133と、アップコンバータ134等とを備える。

【0029】誤り訂正符号化回路130は、ブロック符号化や組み込み符号化などの誤り訂正を施す回路である。道路に電界強度の強弱（定在波）が生じ、走行車両において受信信号の振幅および位相の不規則な変化（フ

エージング)が現れるので、この誤り訂正是、有効な手段となる。インターリープ回路131は、ディジタルオーディオ放送DAB(Digital Audio Broadcasting)などで採用されている時間インターリープと周波数インターリープとを行う回路である。

【0030】差動符号化回路132は、前の信号との間の差分をとることによる復調を可能にするための符号化を行う回路である。伝送路が不安定になった場合でも、この差分をとることにより、その影響をキャンセルすることができる。逆フーリエ変換回路133は、シリアル情報を直並列変換して逆フーリエ変換を施し、逆フーリエ変換したもの再び並列変換してシリアルに戻し、シリアルに戻されたシンボル列を時間圧縮して、後ろのシンボルを前にもってくることでガード時間を設定するという諸機能を実現する回路である。

【0031】アップコンバータ134は、前述したミキサ部23と同様、無線周波数に周波数変換する回路である。アップコンバータ134で変換された無線伝送用の送信信号は、電気／光変換部(E/O)26において光信号に変換され、光カプラ59を介して分配され、上り用の2本の光ファイバ5a、5bに送出される。光ファイバ5a、5bに送出された光信号は、それぞれ、路上アンテナ4a、4bに取り付けられた光／電気変換部(O/E)27a、27bにて電気信号に変換された後、各路上アンテナ4a、4bから電波として放射される。前記光カプラ59の構成として、公知のものが使用できる(例えば、Fiber Optic Communications社のC-N Sシリーズ)。

【0032】図4は、OFDMによるシンボル伝送の様子を周波数軸f、時間軸t上に図示したものである。有効シンボル長はTSで表され、ガード時間は Δt で表されている。時間圧縮比は、 $(TS + \Delta t) / TS$ で示される。本実施形態では、ガード時間 Δt を、マルチパスによる遅延時間よりも長くとっている。このことにより、長い伝搬遅延時間があっても、受信側においては、シンボルの重なりを無視して復調することができる。

【0033】マルチパスによる遅延時間は、実際には、当該セルにおいて実測して求めることができる。また、セルの大きさから経験的に割り出してもよい。具体的には、セルの大きさが100mならば、500nsecくらいと予想している。基地局6は、図3に示すように、車両データを路上アンテナ4a、4bから取得するための受信装置28を備えている。各路上アンテナ4a、4bにおいて車載アンテナ12から放射された電波が受信されると、この受信電波に対応する受信信号は、それぞれ、電気／光変換部(E/O)29a、29bにおいて光信号にそのまま変換された後、下り用の2本の光ファイバ5a、5bにそれぞれ送出され、基地局6の受信装置28に与えられる。

【0034】受信装置28は、2つの光／電気変換部(O

/E)30a、30bを有し、この2つの光／電気変換部30a、30bにおいて前記各光信号を元の受信信号に変換する。各受信信号は、高周波増幅部31a、31bにおいてそれぞれ増幅された後、半導体スイッチなどから構成されるスイッチ部32に与えられる。また、増幅後の受信信号は、レベル比較部33にも与えられる。レベル比較部33は、各受信信号の受信レベルを比較し、いずれの受信レベルが大きいかを調べる。そして、最大受信レベルを有する受信信号を通過させるように、スイッチ部32を制御する。スイッチ部32を通過した受信信号は、ミキサ部34において局部発振部35から発振されている周波数変換用搬送波と混合されて周波数変換された後、検波部36に与えられる。そして、検波部36において復調用搬送波による同期検波が施された後、復号部37に与えられ、車両データに対応する受信符号に変換される。

【0035】なお、図3のブロック図では、スイッチ部32によって、2つの信号を切り換えていたが、所定の重みで2つの信号を合成する構成をとってもよい。この場合、「所定の重み」は、レベル比較部33で比較された各受信信号の受信レベルに基づいて決められる。また、図3のブロック図では、スイッチ部32は、高周波増幅部31a、31bにおいてそれぞれ増幅された高周波信号を切り換えていた。しかし、検波部36で検波された後のデータを切り換え又は合成する構成をとってもよく、復号部37で復号された後の符号データを切り換え又は合成する構成をとってもよい。

【0036】図5は、検波部の後段にスイッチ部32を配置し、同期検波後に通過させるべき受信信号を選択する構成を示す。さらに詳述すれば、各高周波増幅部31a、31bにおいて増幅された受信信号は、ミキサ部34a、34bにそれぞれ与えられて周波数変換され、検波部36a、36bにおいて同期検波された後、スイッチ部32に与えられる。一方、レベル比較部33は、各高周波増幅部31a、31bにおいて増幅された後の受信信号のうち最大受信レベルを有する受信信号を通過させるように、スイッチ部32を制御する。

【0037】このように、検波後に受信信号の選択処理を行うようにすれば、受信信号に雑音が入りにくく、信号品質の劣化を防止できるという利点がある。以上の構成において、光ファイバ5a、5bに光信号を送出する際の伝送方式として、いわゆる光ファイバ無線伝送方式(たとえば、A. J. Cooper, "FIBER/RADIO' FOR THE PROVISION OF CORDLESS/MOBILE TELEPHONY SERVICES IN THE ACCESS NETWORK", Electron. Lett., Vol. 26, No. 24 (Nov. 1990) 参照)を利用している。

【0038】したがって、各路上アンテナ4a、4bごとに送受信装置を設ける必要がなく、送受信装置は基地局6に一括して設置することができるから、路上アンテナ4a、4bの構成を簡素化できる。また、基地局6で

9

は、各路上アンテナ 4 a、4 b から与えられた受信信号を高周波のまま処理できる。したがって、レベル比較部 3 において、各受信信号の高周波受信レベルを容易に比較できる。そのため、受信装置 2 8 の構成の簡素化を図ることができる。

【0039】また送信装置 2 1 は、前述のように O F D M (Orthogonal Frequency Division Multiplex) 変調方式を採用している。O F D M では搬送波の周波数は、狭い間隔で並んでいるので、周波数にずれがあると、搬送波間に干渉が生じ、通信品質が著しく劣化する。そこで、前述したように、光カプラ 5 9 で分配するファイバ無線伝送方式を採用すれば、路上アンテナ 4 a、4 b から放射される搬送波の周波数は原理的に同一なので、このような不都合がない。したがって、マルチバス干渉妨害に強いという O F D M の利点を、本路車間通信システムにおいて遺憾なく発揮することができる。

【0040】図 6 は、車載アンテナ 1 2 において路上アンテナ 4 a、4 b から放射されてくる電波を受信する受信装置の構成を示すブロック図である。受信装置は、ダウンコンバータ 1 4 0 と、フーリエ変換回路 1 4 1 と、差動復号回路 1 4 2 と、デインターリープ回路 1 4 3 と、誤り訂正復号回路 1 4 6 とを備えている。

【0041】フーリエ変換回路 1 4 1 は、送信側の逆フーリエ変換回路 1 3 3 と逆の処理をする回路で、有効シンボル長 TS のウインドウ長でフーリエ変換することにより、復号信号を得る。差動復号回路 1 4 2 、デインターリープ回路 1 4 3 は、それぞれ差動符号化回路 1 3 2 、インターリープ回路 1 3 1 と逆の処理をする回路である。

【0042】誤り訂正復号回路 1 4 6 は、誤り訂正符号化回路 1 3 0 と逆の処理をする回路である。図 7 は、路上アンテナ 4 a、4 b から放射される電波の遮蔽について説明するための上空から道路を見た概念図である。セル E の道路の長手方向に関する長さ r が 100 (m) 、路上アンテナ 4 の高さが 10 (m) である場合において、たとえば図 7 (a) に示すように、車高約 3.8 (m) 、車幅約 3 (m) の 2 台のトラック 1 6 1 、1 6 2 がセル E のほぼ中央付近を走行している場合を想定する。

【0043】この場合、第 1 路上アンテナ 4 a から放射される電波がトラック 1 6 1 、1 6 2 によって遮蔽されるエリア 1 6 3 は、トラック 1 6 1 、1 6 2 の進行方向に対して前方側に現れる。この電波遮蔽エリア 1 6 3 の道路の長手方向に沿った長さは、最大約 12 (m) である。一方、第 2 路上アンテナ 4 b から放射される電波がトラック 1 6 1 、1 6 2 によって遮蔽されるエリア 1 6 4 は、トラック 1 6 1 、1 6 2 の進行方向に対して後方側に現れる。この場合においても、電波遮蔽エリア 1 6 4 の道路の長手方向に沿った長さは、最大約 12 (m) である。

【0044】トラック 1 6 1 の前方およびトラック 1 6

10

2 の後方においては、図 7 (a) から明らかなように、2 つの電波遮蔽エリア 1 6 3 、1 6 4 が重複することはない。したがって、この区間を車両 2 が走行している場合には、車載装置 3 では、路上アンテナ 4 a、4 b のうちいずれか一方からの放射電波を受信できる。そのため、同一セル E 内において、車載装置 3 と路上アンテナ 4 との通信が途絶えることはない。

【0045】一方、2 台のトラック 1 6 1 、1 6 2 で挟まれた区間では、2 台のトラック 1 6 1 、1 6 2 の車間距離によっては、2 つの電波遮蔽エリア 1 6 3 、1 6 4 が重複する重複エリア 1 6 5 が現れる。具体的には、2 台のトラック 1 6 1 、1 6 2 の車間距離が 20 (m) 未満になれば、重複エリア 1 6 5 が現れる。しかし、通常走行時において 2 台のトラック 1 6 1 、1 6 2 の車間距離が 20 (m) 未満となることは希であり、しかもその 2 台のトラック 1 6 1 、1 6 2 の間を車両が走行することは一層希である。したがって、通常走行においては重複エリア 1 6 5 は現れないと考えて差し支えない。そのため、この場合であっても、車載装置 3 と路上アンテナ 4 との通信が途絶えることはない。

【0046】ただし、渋滞時には、車間距離 20 (m) 未満で走行する 2 台のトラック 1 6 1 、1 6 2 の間に車両が走行することは考えられる。しかし、セル E のエリア端、すなわち第 2 路上アンテナ 4 b に近づくにつれ、前を走行しているトラック 1 6 1 による電波遮蔽エリア 1 6 4 は短くなっていくから、2 つの電波遮蔽エリア 1 6 3 、1 6 4 の重複エリア 1 6 5 が狭くなていき、通信が可能になる。この場合、車両は、セル E のエリア端近傍を走行しているから、通信可能になってから短時間でセル E を退出するおそれがあるが、渋滞時は車両の移動速度は遅いため、必要な通信は遂行できる。

【0047】次に、図 7 (b) に示すように、1 台のトラック 1 6 1 が第 2 路上アンテナ 4 b の近傍を走行している場合について考える。この場合、トラック 1 6 1 による第 2 路上アンテナ 4 b からの放射電波を遮蔽するエリア 1 6 3 は、トラック 1 6 1 の後方側約 2 (m) 程度である。この場合、たとえトラック 1 6 2 がトラック 1 6 1 に近づいて電波遮蔽エリア 1 6 3 、1 6 4 の重複エリアが形成されても、その重複エリアの長さは最長 2 (m) である。一方、車載装置 3 を搭載している車両 2 の前後長は通常 5 (m) 程度であるから、重複エリアが形成されても通信が途絶えることはない。

【0048】なお、電波遮蔽エリア 1 6 3 、1 6 4 は、上述の説明のように、トラック 1 6 1 、1 6 2 の前後にだけ現れるのではなく、トラック 1 6 1 、1 6 2 の車線横断方向にも現れる。電波遮蔽エリア 1 6 3 、1 6 4 の車線からはみ出し具合は、路上アンテナ 4 の路側からの張り出し具合で変化する。具体的には、路上アンテナ 4 を路側とこの路側に隣接する車線 1 6 6 との境界付近に位置させた場合、図 7 (a) に示すように、電波遮蔽工

11

リア163、164は、トラック161、162が走行している車線167に隣接する車線168の中央付近までしか達しない。さらに、図7(c)に示すように、路上アンテナ4を路側に隣接する車線166の中央付近まで延ばせば、車線横断方向に形成される電波遮蔽エリアはさらに短くなる。したがって、たとえば図7に示す例において、車載アンテナ12を車両2の右寄りに設置すれば、車線横断方向に形成される電波遮蔽エリアについては問題とならない。

【0049】以上のようにこの第1実施形態によれば、1つのセルEにおいて路上アンテナ4から放射される電波の伝搬経路を2経路にしているから、車両2がトラックのような大型車の近傍を走行していても、電波の遮蔽を回避できる。しかも、OFDM方式を採用し、ガード時間をとってシンボル間の干渉を回避しているから、マルチバス妨害の影響を回避できる。したがって、車載装置3と路上アンテナ4との連続的な通信を良好に行える。

【0050】なお、上述の説明では、1つのセルEを形成する一対の路上アンテナ4a、4bをセルEの道路の長手方向に関する各エリア端に設置している。しかし、路上アンテナ4a、4bの設置位置はエリア端に限定されることはなく、たとえば、図8に示すように、エリア端よりもセルEの中央に近い位置に設置するようにしてもよい。また、上述の説明では、一対の路上アンテナ4a、4bによって1つのセルEを形成しているが、3本以上の路上アンテナによって1つのセルEを形成するようにしてもよい。つまり、路上アンテナ4の設置位置にしても路上アンテナ4の数にしても、要は、車両2に対して異なる方向から電波を到来させることができればよい。

【0051】また、上述の説明では、路上アンテナ4a、4bは、光ファイバ無線伝送方式を利用し、受信信号の周波数を変換せずにそのまま光信号に変換している。しかし、たとえば路上アンテナ4a、4bにおいて受信信号の周波数を低い周波数に変換し、そのうえで光信号に変換して光ファイバ5a、5bに送出するようにしてもよい。この構成によれば、光信号の光源として一般に用いられるレーザダイオードは安価なもので済むから、コストダウンを図ることができる。

【0052】なお、この場合、基地局6から局部発振信号を路上アンテナ4a、4bに送出する方式（たとえば特開平6-141361号公報参照）を採用すれば、各路上アンテナ4a、4bにおいて変換された後の受信信号の周波数をほぼ完全に一致させることができる。

一第2実施形態

図9は、本発明の第2実施形態に係る路車間通信システムの構成を示す概念図である。図9において、図1と同じ機能部分については同一の参考符号を使用する。

【0053】前記第1実施形態では、一対の路上アンテ

12

ナ4a、4bによって1つのセルEを形成することにより電波遮蔽を回避しているのに対して、この第2実施形態では、複数の路上アンテナ71を同一周波数の電波が放射されるセルE内に設置し、セルEを複数のサブエリアEsに分割することにより電波遮蔽を回避するようにしている。

【0054】さらに詳述すれば、1つの基地局6には、4つの路上アンテナ71a、71b、71c、71dが光ファイバ72a、72b、72c、72d（以下総称するときは「光ファイバ72」という。）を介してそれぞれ接続されている。各路上アンテナ71a～71dからは、同一内容の道路交通データによりOFDM変調された同一周波数の電波をそれぞれサブエリアEsに向けて放射している。

【0055】この場合、たとえば、車両がサブエリアEsのほぼ中央よりも下流側を走行している場合に、隣接する車線を走行しているトラックが車両2の斜め後ろに位置している場合ときには、トラックによって電波が遮蔽されるおそれがある。しかし、そのままの状態で次のサブエリアEsに達したときには、電波の到来方向が変わって電波は車両2の前方から到来するから、トラックが斜め後ろに位置していても、車載装置3は、次のサブエリアEsに放射されている電波を受信できる。つまり、車載装置3では、4つのサブエリアEsを通過する間に、いずれかの路上アンテナ71からの放射電波を受信することができる。

【0056】なお、車両がサブエリアEsの境界付近を走行している場合には、同一周波数の電波が前後方向から到来するが、車載装置では、最大受信レベルの受信信号を選択して処理対象とするので、特に問題はない。図10は、基地局6の電気的構成を示すブロック図である。基地局6に備えられている送信装置81は、OFDM変調部82を有しており、このOFDM変調部82において道路交通データを含む送信信号を作成する。送信信号は、アップコンバータ83に与えられ、たとえば6(GHz)帯の無線伝送用の送信信号に変換される。無線伝送用の送信信号は、電気／光変換部(E/O)84において光信号に変換された後、光カプラー59によって4分配され、上り用の光ファイバ72a～72dに送出される。

【0057】基地局6に備えられている受信装置85は、路上アンテナ71a～71dから下り用の光ファイバ72a～72dにそれぞれ送出された光信号を受信信号に変換する電気／光変換部(E/O)86a、86b、86c、86dを備えている。各受信信号は、受信IF部87a、87b、87c、87dにおいて周波数変換用搬送波と混合されて周波数変換された後、検波部88a、88b、88c、88dに与えられ、OFDM復調が施される。その後、スイッチ部89に与えられる。また、各受信信号は、レベル比較部90にも与えられる。レベル比較部90は、各受信信号の受信レベルを比較し、い

13

ずれの受信レベルが大きいかを調べる。そして、最大受信レベルを有する受信信号を通過させるように、スイッチ部89を制御する。スイッチ部89を通過した受信信号は、復号部91において復号化され、車両データに対応する符号が作成される。

【0058】なお、図10のブロック図では、スイッチ部89によって、複数の信号を切り換えていたが、所定の重み付けベクトルで複数の信号を合成する構成をとってもよい。この場合、「所定の重み付けベクトル」は、レベル比較部90で比較された各受信信号の受信レベルに基づいて決められる。また、図10のブロック図では、スイッチ部89は、検波部88a～88dで検波された信号を切り換えていた。しかし、電気／光変換部(E/O)86a～86dの高周波出力信号を切り換え又は合成する構成をとってもよく、復号部91で復号された後の符号データを切り換え又は合成する構成をとってもよい。

【0059】図11は、路上アンテナ71の電気的構成を示すブロック図である。路上アンテナ71には、アンテナ通信装置100が取り付けられている。アンテナ通信装置100は、送信部101を備えている。送信部101は、基地局6から光ファイバ72に送出された光信号を送信信号および搬送波生成用基準信号に変換する光／電気変換部(O/E)102を有している。光／電気変換部102の出力は、図示しない帯域通過フィルタを介して送信IF部103に与えられる。その結果、送信IF部103には、送信信号のみが与えられる。送信信号は、送信IF部103において増幅された後、さらに送信ミキサ部104に与えられる。また、光／電気変換部102の出力は、図示しない低域通過フィルタを介して局部発振部105に与えられる。その結果、搬送波生成用基準信号のみが局部発振部105に与えられる。局部発振部105は、搬送波信号に基づいて搬送波を発振し、送信ミキサ部104に与える。送信ミキサ部104は、送信信号と搬送波とを混合して無線伝送用の送信信号を作成する。無線伝送用の送信信号は、高周波増幅部106において高周波増幅された後、サーチュレータ107を介して路上アンテナ71から電波として放射される。

【0060】アンテナ通信装置100は、また、受信部108を備えている。受信部108は、路上アンテナ71により受信され、サーチュレータ107を通過してきた受信信号を高周波増幅するための高周波増幅部109を備えている。増幅後の受信信号は、受信ミキサ部110において、局部発振部105から発振されている搬送波と混合されて増幅された後、さらに受信IF部111において周波数変換された後、電気／光変換部(E/O)112において光信号に変換され、光ファイバ72に送出される。

【0061】以上のようにこの第2実施形態によれば、

14

同一内容の道路交通データによりOFDM変調された同一周波数の電波を複数のサブエリアEsに分けて放射するようにしているから、車載装置3では、いずれかのサブエリアEsにおいて放射電波を受信できる。したがって、同一セル内において車載装置3と路上アンテナ71との通信が途絶えることはなく、連続的な通信が可能になる。

【0062】また、サブエリアEsは比較的小さいから、路上アンテナ71の送信電力は小さくて済む。したがって、路上アンテナ71にかかるコストを低減できる。本発明の実施の形態の説明は以上のとおりであるが、本発明は上述の2つの実施形態に限定されるものではなく、本発明の範囲内で種々の設計変更を施すことが可能である。

【0063】

【発明の効果】本発明によれば、車両に対して複数の方向から電波を到来させるようにしているから、同一セル内において路上と車両との連続的な通信が途絶えることはない。そのため、車両に対して漏れなく道路交通データを提供できる。また、変調方式としてOFDMを採用することによって、誤り率の低い符号伝送をすることができる。

【0064】たとえばこの路車間通信システムを自動運転システムに適用する場合、車両の自動運転を適切に行える。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態に係る路車間通信システムの構成を示す概念図である。

【図2】車載装置の構成を示す概念図である。

【図3】地上局の電気的構成を示すブロック図である。

【図4】OFDMによるシンボル伝送の様子を周波数軸f、時間軸t上に図示したグラフである。

【図5】基地局内の受信装置の電気的構成の他の形態を示すブロック図である。

【図6】車載装置の電気的構成を示すブロック図である。

【図7】電波の遮蔽について説明するための上空から道路を見た図である。

【図8】路上アンテナの設置位置の他の形態を示す図である。

【図9】本発明の第2実施形態に係る路車間通信システムの構成を示す概念図である。

【図10】第2実施形態に係る車載装置内の受信装置の電気的構成を示すブロック図である。

【図11】路上アンテナの電気的構成を示すブロック図である。

【図12】従来の路車間通信システムの構成を示す概念図である。

【図13】従来の路車間通信システムにおける電波の遮蔽を説明するための図である。

50

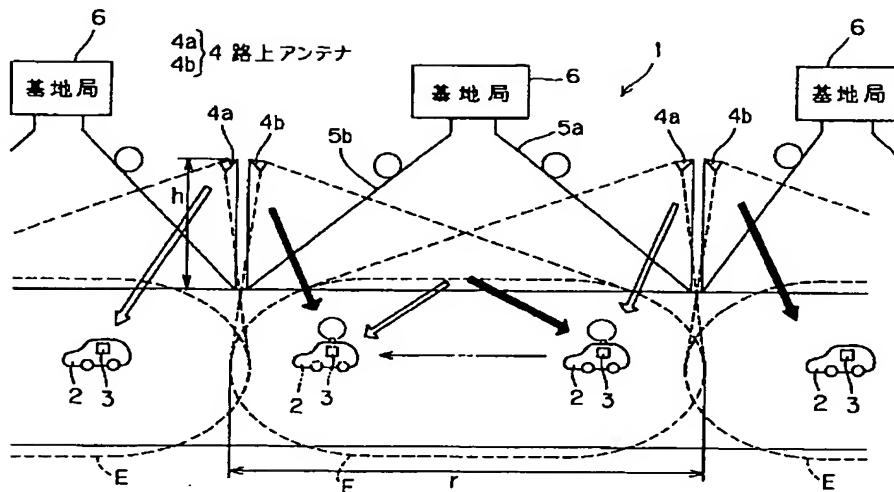
【符号の説明】

- 1 地上局
 3 車載装置
 4 a 第1路上アンテナ
 4 b 第2路上アンテナ
 5 a, 5 b 光ファイバ
 1 1 車載通信部
 1 2 車載アンテナ

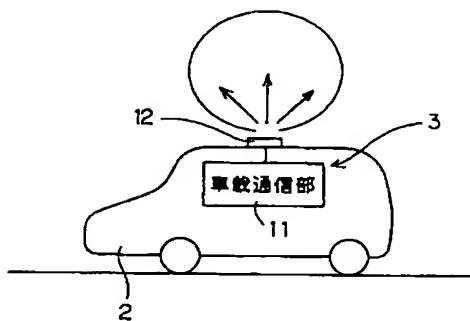
2 1 送信装置

- 7 1、7 1 a、7 1 b、7 1 c、7 1 d 路上アンテナ
 7 2、7 2 a、7 2 b、7 2 c、7 2 d 光ファイバ
 1 0 0 アンテナ通信装置
 1 3 3 逆フーリエ変換回路
 1 4 1 フーリエ変換回路
 E セル
 E s サブエリア

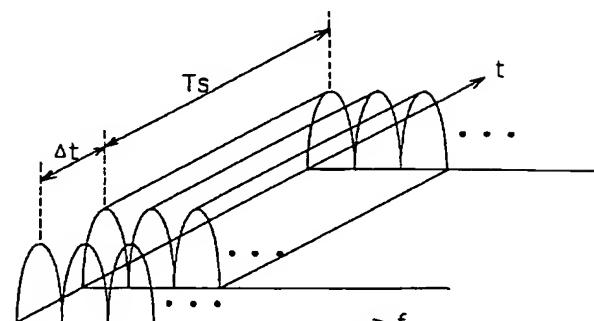
【図 1】



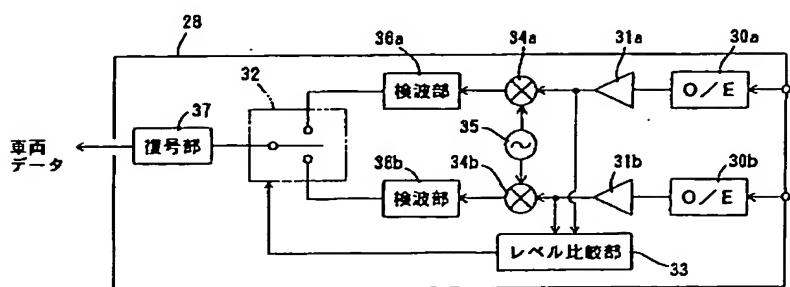
【図 2】



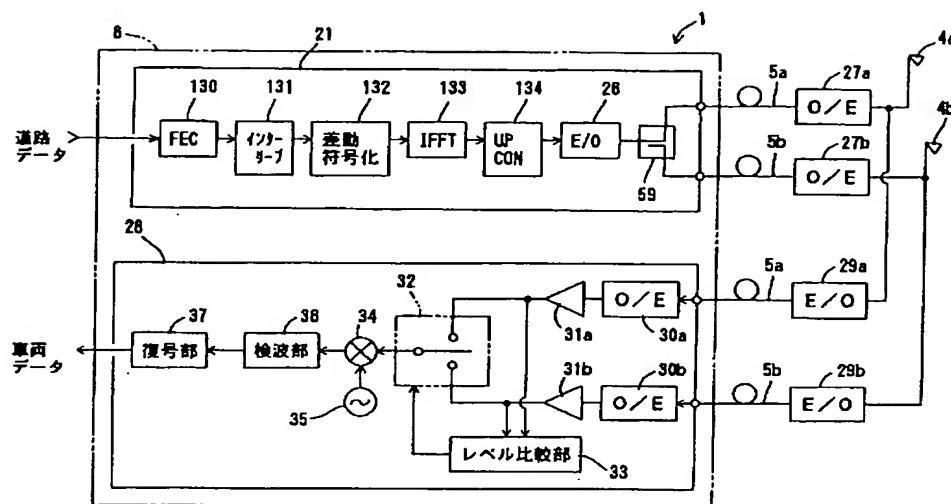
【図 4】



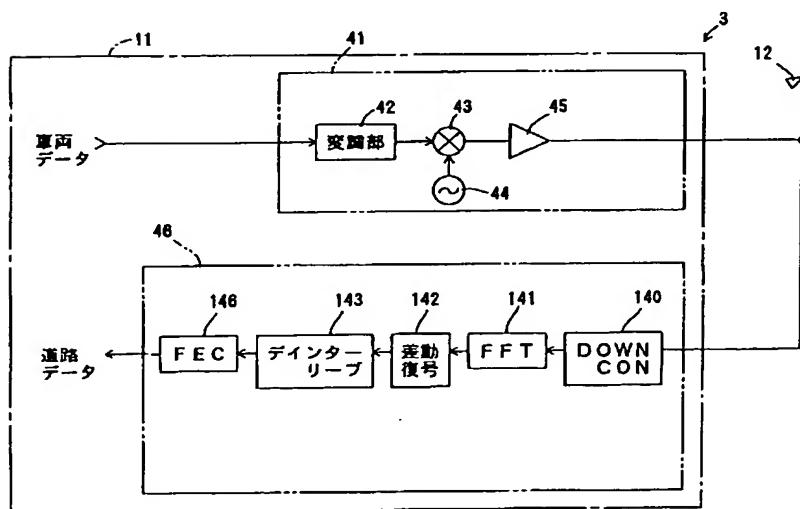
【図 5】



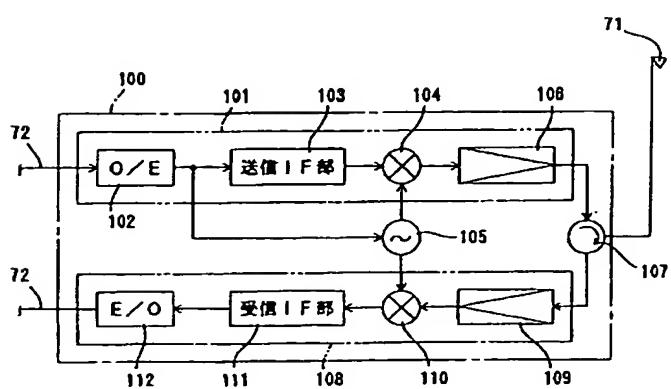
【図 3】



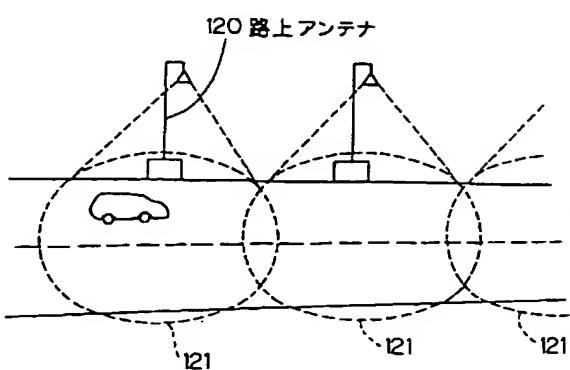
【図 6】



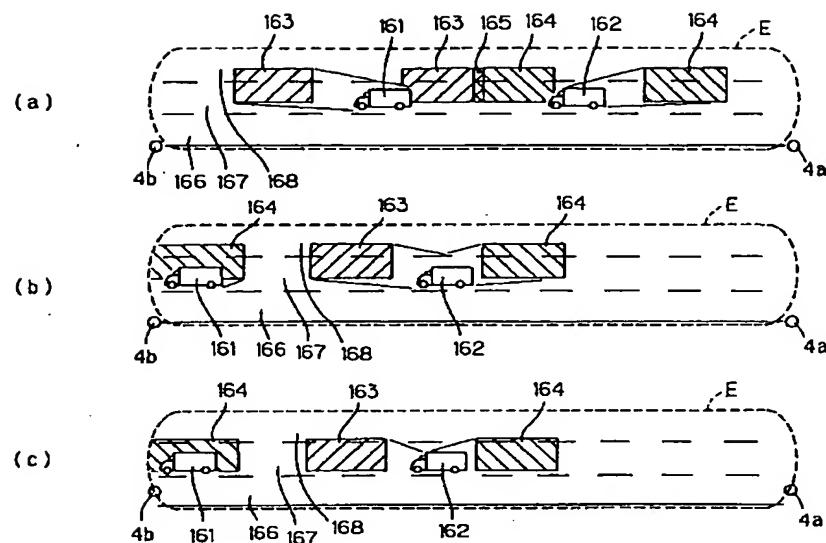
【図 1 1】



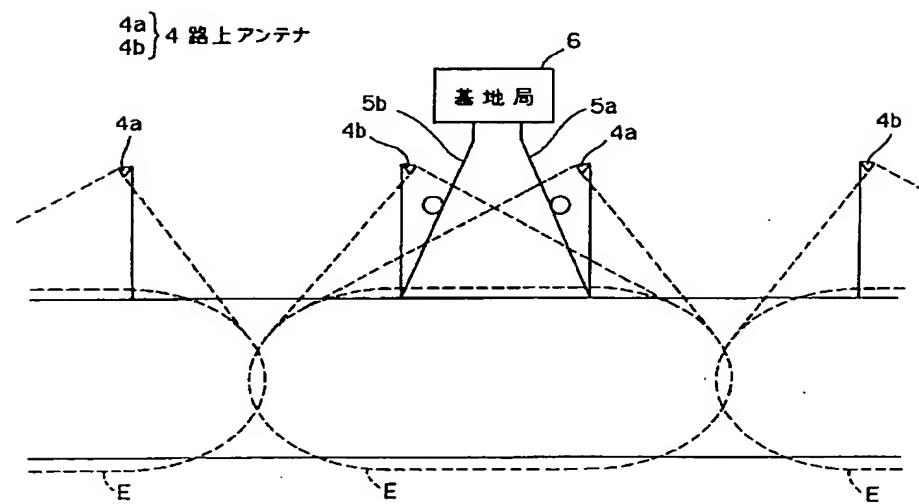
【図 1 2】



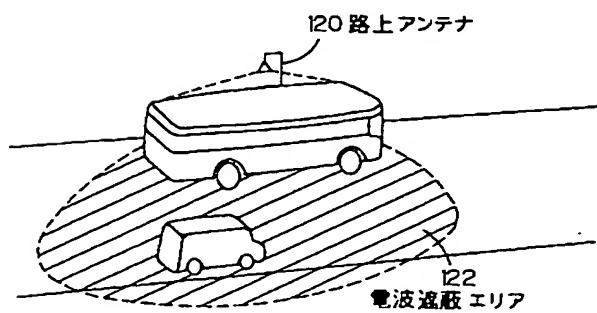
【図 7】



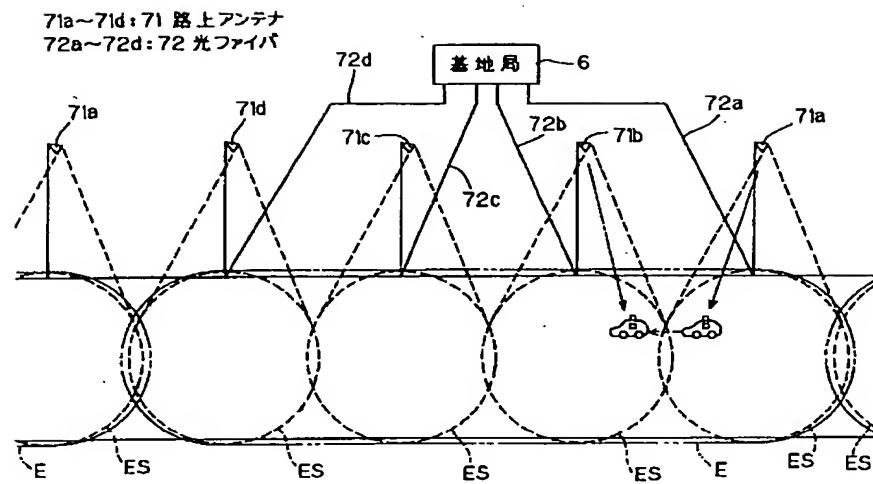
【図 8】



【図 13】



【図 9】



【図 10】

